

25. 8. 2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   8 月 2 9 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 0 5 6 8 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 3 0 5 6 8 6 ]

出 願 人            昭和電線電纜株式会社  
Applicant(s):

REC'D 15 OCT 2004

WIPO

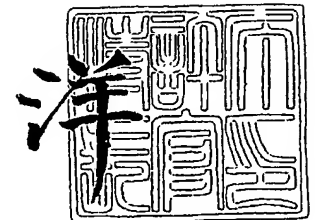
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年   9 月 3 0 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 SW030090  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/38  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式  
                                会社内  
    【氏名】 藤田 仁  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式  
                                会社内  
    【氏名】 森下 裕一  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県川崎市川崎区小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式  
                                会社内  
    【氏名】 森田 和章  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000002255  
    【氏名又は名称】 昭和電線電纜株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100102923  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 加藤 雄二  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 058090  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

所定の屈折率を有するコアとその周囲の前記コアよりも屈折率の低いクラッドとからなるシングルモードファイバにより構成される伝送路の途中にグレーデッドインデックスファイバが挿入されていることを特徴とする光ファイバ伝送路。

**【請求項 2】**

前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において融着接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 3】**

前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中においてコネクタ接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 4】**

前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において V 溝接続されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 5】**

前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは光の入射側からモードフィールド径が拡大した後光の出射側に向けてモードフィールド径が減少していることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 6】**

前記光の入射側からモードフィールド径が拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは 2 分の 1 ピッチであることを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 7】**

前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さはそれぞれ 4 分の 1 ピッチであることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 8】**

前記グレーデッドインデックスファイバは伝送路の途中に複数本直列に挿入されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 9】**

前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの間にモードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項 5 から請求項 8 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 10】**

前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項 5 から請求項 8 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 11】**

前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は  $15 \sim 85 \mu\text{m}$  の範囲にあることを特徴とする請求項 5 から請求項 10 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 12】**

前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は  $15 \sim 65 \mu\text{m}$  の範囲にあることを特徴とする請求項 11 記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 1 3】**

前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は前記光の入射側から 4 分の 1 ピッチの長さにおける拡大したモードフィールド径の 1. 5 倍以上であることを特徴とする請求項 5 から請求項 1 2 までのいずれかの請求項に記載の光ファイバ伝送路。

**【請求項 1 4】**

前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は前記光の入射側から 4 分の 1 ピッチの長さにおける拡大したモードフィールド径の 2 倍以上であることを特徴とする請求項 1 3 記載の光ファイバ伝送路。

【書類名】明細書

【発明の名称】光ファイバ伝送路

【技術分野】

【0001】

本発明は、高出力の光を光ファイバに伝送した時に生じるファイバヒューズ現象を遮断する光ファイバ伝送路に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、FTTH (Fiber To The Home) の導入が始まり各家庭での高速インターネットの利用が急速に普及してきている。このような状況において通信ネットワークをますます充実させる必要性が高まり、例えば波長分割多重 (WDM; Wavelength Division Multiplex) 方式などが用いられるようになってきている。

【0003】

このWDM方式は従来に比べてはるかに高い光パワーを必要とする。例示すれば数Wオーダーの光パワーを必要とするために光ファイバの端面が焼損したり、光伝送路の中でも光パワー耐性の低い箇所でコアが焼損するという現象が生じることがある。

【0004】

光伝送路の中において光パワー耐性の低い箇所でコアが焼損すると焼損部が導火線のようになり光源方向に向かって連鎖的に延焼してゆくファイバヒューズ現象が発生する (例えば、非特許文献1、非特許文献2参照)。

【0005】

このようなファイバヒューズ現象による延焼は一度発生すると融着接続部やコネクタ接続部を乗り越えて光源まで達するので最終的には送信機や増幅器等の機器類を破損させてしまうという虞がある。

【0006】

ところで、ファイバヒューズ現象は高温、高いパワー密度、光の吸収が発生要因とされている。例えば融着接続部においては接続部の不整合でありコネクタ接続点においてはしばしば端面の汚れによって光が吸収され、温度が上昇してファイバヒューズ現象が発生しやすくなる。このようにファイバヒューズ現象は光の吸収体を含む部分において発生しやすくなるのでコア中のドーパント、例えばGeなどもその発生要因になり得る。

【0007】

また、光のパワーについては同じパワー値であっても伝搬モードの実効断面積が小さい方がパワー密度が高くなる。実効断面積はモードフィールド径とほぼ等しいので、モードフィールド径が小さいとファイバヒューズ現象が発生しやすくなる。

【0008】

上記のようなファイバヒューズ現象に対して従来いくつかの対策が施されている。例えばコネクタ端面においてシングルモードファイバのコア径を拡大して事前にファイバヒューズ現象の発生を防止する方法や (例えば、特許文献1参照)、ファイバヒューズ現象が発生した場合にコリメータレンズを用いてその後に生じる延焼を遮断するための装置である (例えば、特許文献2参照)。

【非特許文献1】2003 電子情報通信学会総合大会 C-3-44 184頁

【非特許文献2】Technical Digest of Optical Amplifiers & their applications Topical meeting, Otaru, Japan, 2003 (Optical society of America, Washington, D. C.) TuC4 193~195頁

【特許文献1】特開2002-277685号公報

【特許文献2】特開2002-323639号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、上記のような従来の技術には、次のような解決すべき課題があった。

【0010】

即ち、特許文献1に開示されたファイバヒューズ現象を防止する方法は、シングルモードファイバに熱を加えてコア中のGeを拡散させてコア径を拡大するTEC (Thermal Expanded Core) 技術を用いて行うものであるが、コア径の拡大に限界があり十分な効果を奏するとは言い難かった。また、TEC技術を用いるために工程が煩雑となりコストが高くなるという問題もあった。

【0011】

一方、特許文献2に開示された装置を用いた場合にもコリメータ対による空間伝送部（ファイバ隔絶部）を設けるので装置が大型化し、また、コリメータレンズを用いているためにコストが高くなるという問題があった。

【0012】

本発明は以上の点に着目してなされたもので、簡易な構成でファイバヒューズ現象を十分遮断し得る光ファイバ伝送路を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は以上の点を解決するため次の構成を採用する。

【0014】

〈構成1〉 所定の屈折率を有するコアとその周囲の前記コアよりも屈折率の低いクラッドとからなるシングルモードファイバにより構成される伝送路の途中にグレーデッドインデックスファイバが挿入されていることを特徴とする光ファイバ伝送路。

【0015】

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象が効果的に遮断できる。

【0016】

〈構成2〉 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において融着接続されていることを特徴とする構成1記載の光ファイバ伝送路。

【0017】

このように融着接続した場合には、接続部での反射が生じないので接続損失が少なく、前記グレーデッドインデックスファイバの挿入が効果的に行える。

【0018】

〈構成3〉 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中においてコネクタ接続されていることを特徴とする構成1記載の光ファイバ伝送路。

【0019】

このようにコネクタ接続した場合には、機械的に簡便な接続が行えるので作業効率が極めて高い。

【0020】

〈構成4〉 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中においてV溝接続されていることを特徴とする構成1記載の光ファイバ伝送路。

【0021】

このようにV溝接続した場合は、外径が異なる光ファイバ同士でも簡便に接続することができる。

【0022】

〈構成5〉 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは光の入射側からモードフィールド径が拡大した後光の出射側に向けてモードフィールド径が減少していることを特徴とする構成1から構成4までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0023】

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象の遮断がより確実に行うことができる。

【0024】

〈構成6〉 前記光の入射側からモードフィールド径が拡大し、前記光の出射側に向けて

モードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは2分の1ピッチであることを特徴とする構成5記載の光ファイバ伝送路。

【0025】

このように2分の1ピッチの長さにすると、モードフィールド径の拡大が最も効率よく行える。

【0026】

〈構成7〉前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さはそれぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする構成6記載の光ファイバ伝送路。

【0027】

このような構成にすると、モードフィールド径が最も拡大した部分でグレーデッドインデックスファイバ同士を接続できかつ長さが2分の1ピッチになる。

【0028】

〈構成8〉前記グレーデッドインデックスファイバは伝送路の途中に複数本直列に挿入されていることを特徴とする構成1から構成7までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0029】

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象の遮断がさらに確実に行うことができる。

【0030】

〈構成9〉前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの間にモードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする構成5から構成8までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0031】

このようにモードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバをグレーデッドインデックスファイバの間に挿入すると安定した拡大されたモードフィールド径が得られる。

【0032】

〈構成10〉前記光の入射側からモードフィールド径が拡大したグレーデッドインデックスファイバ及び前記光の出射側に向けてモードフィールド径が減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする構成5から構成8までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0033】

このような構成にすると、やはりファイバヒューズ現象の遮断がより確実に行うことができる。

【0034】

〈構成11〉前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15～85 $\mu$ mの範囲にあることを特徴とする構成5から構成10までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0035】

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象を遮断するのに十分なモードフィールド径が得られかつモードフィールド径がグレーデッドインデックスファイバのコア径よりも小さくなることなく接続損失が増大することもない。

【0036】

〈構成12〉前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は

15～65 $\mu$ mの範囲にあることを特徴とする構成11記載の光ファイバ伝送路。

【0037】

このような構成にすると、接続損失を安定的に小さくすることができる。

【0038】

〈構成13〉前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は前記光の入射側から4分の1ピッチの長さにおける拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする構成5から構成12までのいずれかの構成に記載の光ファイバ伝送路。

【0039】

このような構成にすると、モードフィールド径がグレーデッドインデックスファイバのコア内に収まらないということがなくなり光の伝搬状態が劣化する虞もない。

【0040】

〈構成14〉前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は前記光の入射側から4分の1ピッチの長さにおける拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする構成13記載の光ファイバ伝送路。

【0041】

このような構成にすると、光の伝搬状態がより安定化する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

以下、本発明の実施の形態について具体例を用いて説明する。

【0043】

図1は本発明の光ファイバ伝送路を説明する実施例の断面図である。図1において本発明の光ファイバ伝送路1では、伝送用のシングルモードファイバ（以下、SMF）2a、2bの途中にグレーデッドインデックスファイバ（以下、GIF）3が挿入されている。GIF3の長さは2分の1ピッチである。GIF中を伝送される光のモードフィールド径（以下、MFD）は、よく知られているように、最小値—最大値—最小値—最大値と、伝送路に沿って周期的に連続的に変化する。この実施例でピッチとは、この一周期分の長さを指している。

【0044】

図1に示したとおり、光は、伝送用のシングルモードファイバ（以下、SMF）2a、GIF3a、GIF3b、伝送用のシングルモードファイバ2bという順に、矢印の方向に伝送される。ここで、GIF3aのモードフィールド径は、光の入射側から、徐々に拡大されていき、光の入射端から計って、長さが4分の1ピッチのところでもっと大きくなる。GIF3aの長さは、4分の1ピッチに選定されている。GIF3aの出力側にGIF3bを接続する。GIF3bのモードフィールド径は、光の入射側から、徐々に減少していき、光の入射端から計って、長さが4分の1ピッチのところでもっと小さくなる。GIF3aの長さも、4分の1ピッチに選定されている。この出力側に、伝送用のシングルモードファイバ2bを接続する。GIF3の長さは、長さが4分の1ピッチのGIF3aとGIF3bを接続したから、2分の1ピッチとなる。

【0045】

上記のようにしてGIF3を構成すると、光の入射側のSMF2aと接続されているGIF3aの接続部4aではMFDがほぼ同じであるため接続損失が生じず、次にMFDが徐々に拡大してGIF3aとGIF3bとの接続部4bでは最も拡大されたMFDとなり、この接続部においてもMFDはほぼ等しくなるので接続損失が生じない。そしてGIF3bのMFDは徐々に減少して光の出射側のSMF2bと接続されるが、この接続部4cは伝送用の通常のSMFとほぼ等しいMFDとなっているのでやはり接続損失が生じることがない。なお、図1はMFDの状況を説明しやすいように模式的に表しており、以下も同様とする。

【0046】

この結果、光ファイバ伝送路の途中にMFDの大きい部分が挿入されるので、たとえファイバヒューズ現象が発生して延焼が始まったとしてもこのMFDの大きい部分で延焼が



拡散するのでファイバヒューズ現象を遮断することができる。

【0047】

図2は本発明の光ファイバ伝送路においてファイバヒューズ現象を遮断する状況を模式的に説明するための図である。なお図1と同一の箇所は同番号とし、以下も同様とする。

【0048】

図2において、伝送用SMF 2a、2bの途中にGIF 3が挿入された光ファイバ伝送路1に光送信機や光増幅器等の光源5から矢印のように光が入射される。この伝送路中で何らかの原因でファイバヒューズ現象6が発生した場合にはこのファイバヒューズ現象が太い矢印で示したように光源5側に向かって延焼する。しかし本発明のGIF 3を伝送路の途中に挿入しておけばそこでファイバヒューズ現象6は遮断され、延焼が光源に達することがなくなり、伝送路の光ファイバや機器類の安全を確保することができる。

【0049】

ここで、GIF 3の長さは2分の1ピッチであることが好ましい。この理由は、GIFは4分の1ピッチの長さで最もMFDが大きくなる。従って、GIF 3を構成するGIF 3aの長さとGIF 3bの長さをともに4分の1ピッチに設定すれば最も効率よくMFDを拡大でき、ファイバヒューズ現象の遮断に効果がある。

【0050】

なお、図3に示すようにGIF 3は伝送路の途中に複数本直列に接続して挿入してもよい。このようにして光ファイバ伝送路を構成するとより確実にファイバヒューズ現象を防止することができる。

【0051】

また、GIF 3を構成するGIF 3aあるいはGIF 3bの4分の1ピッチの長さにおける最も大きくなるMFDの値は $15\mu\text{m}$ ～ $85\mu\text{m}$ であることが好ましい。この理由は、 $15\mu\text{m}$ 未満ではMFDの拡大が十分ではなく、ファイバヒューズ現象を確実に遮断できないためであり、 $85\mu\text{m}$ を超えた場合にはMFDよりもGIFのコア径が小さくなる場合が出てくることがあり、接続損失が大きくなる虞があるためである。

【0052】

特に接続損失を安定的に生じにくくするためには上記MFDの値は $15\mu\text{m}$ ～ $65\mu\text{m}$ であることがなお好ましい。

【0053】

なお、GIFのコア径はMFDの1.5倍以上、好ましくは2倍以上あるとよい。この理由は、MFDがコア内に収まらない場合には光の伝搬状態が劣化する虞があるためである。図4に示すように通常モードフィールド分布はMFDの2倍程度に広がっているため（本図ではMFDが $20\mu\text{m}$ の例を示している）、モードフィールド分布をコア内に収めるためには少なくともMFDの1.5倍以上、好ましくは2倍以上必要であるからである。

【0054】

次に本発明のさらに他の実施の形態を説明する。図5はGIF 3の間にMFDが拡大されたSMF 7を挿入したものである。このような構成を取るとMFDの拡大が安定してファイバヒューズ現象の遮断がより確実に行えるようになる。

【0055】

ここで、MFDが拡大されたSMFとしては、コア径が大きく、比屈折率差の小さいステップインデックスファイバや実効コア径が大きいフォトニック結晶ファイバあるいはホーリーファイバのようなものでもよい。

【0056】

上記したような図1、図3あるいは図5に示す実施の形態ではGIFは光ファイバ伝送路の間に融着接続されている。GIF 3の外径は伝送用SMF 2a、2bの外径と等しい方が融着接続が効率よく行えるが、特に限定されるわけではない。GIFと伝送用SMFとの外径が異なっていたとしても接続損失に悪影響を与えない限り差し支えない。

【0057】

次に本発明のさらに他の実施の形態を説明する。本実施の形態ではG I Fをコネクタ内に収納して光ファイバ伝送路の途中でコネクタ接続した例である。図6は例えばSMF 2 aと融着接続した図1または図5に示すG I F 3 a、MFD拡大SMF 7をコネクタ8のフェルール9に挿入してアダプタ10と接続した例を示している。アダプタ10のもう一方の側にも本実施の形態と同様のコネクタが接続されており、この結果ファイバヒューズ現象を防止できる機能を有したコネクタ同士の接続も容易に実現することができる。

#### 【0058】

図7は本発明の光ファイバ伝送路をコネクタ同士の接続で構成した場合のコネクタ端面(フェルール端面)のそれぞれのMFDの状況を示した図である。図7(a)はMFD拡大SMF同士を接続した例であり、通常のSMF 2 a、2 bにそれぞれG I F 3 a、3 aが接続され、さらにMFDが拡大されたSMF 7 a、7 bが接続されてコネクタ8 a、8のフェルール9 a、9 bに挿入され、アダプタ10に接続されている。

#### 【0059】

図7(b)はフェルール端面が通常のMFDを有するSMF同士の接続を示している例である。即ち、通常のSMF 2 a(2 b)にG I F 3 a、3 bが接続され、さらに通常のMFDを有するSMF 11 a、11 bがフェルール9 a、9 bに挿入され、アダプタ10に接続されている。

#### 【0060】

次に図8はG I Fの拡大されたMFD側の端面にこのMFDよりも小さいMFDを有するSMFを接続した例を示した図である。即ち、通常のSMF 2 a(2 b)にG I F 3 a、3 aが接続され、さらにこのG I F 3 aにG I F 3 aの端面のMFDよりも小さいMFDを有するSMF 12 a、12 bがフェルール9 a、9 bに挿入され、アダプタ10に接続されている。

#### 【0061】

このようにさまざまな形態の接続方法を採用してファイバヒューズ現象を防止できる光ファイバ伝送路を構成することができるが、もちろん上記の実施の形態に限定されるものではなく、例えばV溝によるメカニカル接続や光スイッチあるいは光アイソレータを用いた接続等本発明の目的に適うならば種々の変更が可能である。

#### 【実施例1】

##### 【0062】

図1の実施の形態の構成を有し、MFDを最大 $40\mu\text{m}$ に拡大したコア径 $60\mu\text{m}$ のG I Fを挿入した光ファイバ伝送路に波長 $1550\text{nm}$ 、光パワー $3\text{W}$ のラマンアンプから光信号を伝送したところファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $10\mu\text{m}$ であった。そして光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼はG I Fにおいて遮断された。

##### 【0063】

なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での伝送用SMF 2 aとG I F 3 a、G I F 3 aとG I F 3 b、G I F 3 bと伝送用SMF 2 bの接続損失は合計でも $0.1\text{dB}$ 以下であった。

#### 【実施例2】

##### 【0064】

図5の実施の形態の構成を有し、MFDを最大 $30\mu\text{m}$ に拡大したコア径 $45\mu\text{m}$ のG I FとMFD拡大SMFを挿入した光ファイバ伝送路に波長 $1050\text{nm}$ 、光パワー $2\text{W}$ のYAGレーザから光信号を伝送したところファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $8\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼はMFD拡大SMFにおいて遮断された。

##### 【0065】

なお、本実施例では伝送用SMFにNSP(Non-Strippable Primary coating) SMFを用い、G I Fとの間をV溝によりメカニカル接続し、ファイバ端面にはマッチングオイルを塗布した。ファイバヒューズ現象が生じていない状態

での伝送用 SMF 2 a と G I F 3 a、G I F 3 a と M F D 拡大 SMF 7、M F D 拡大 SMF 7 と G I F 3 a、G I F 3 a と伝送用 SMF 2 b の接続損失は合計でも 0.1 dB 以下であった。

【実施例 3】

【0066】

図 7 (a) の実施の形態の構成を有し、M F D を最大  $50\ \mu\text{m}$  に拡大したコア径  $100\ \mu\text{m}$  の G I F と M F D 拡大 SMF からなるファイバヒューズ現象遮断部分をアダプタに代えて光スイッチに接続し、その反対側にも同様に M F D を最大  $50\ \mu\text{m}$  に拡大した G I F と M F D 拡大 SMF からなるファイバヒューズ現象遮断部分を接続して光ファイバ伝送路を形成し、波長  $1550\ \text{nm}$ 、光パワー  $4\ \text{W}$  のフェムト秒レーザから光信号を送ったところファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用 SMF の M F D は  $7.5\ \mu\text{m}$  であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼は光スイッチの手前で遮断された。

【0067】

なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での伝送用 SMF 2 a と G I F 3 a、G I F 3 a と M F D 拡大 SMF 7 a、M F D 拡大 SMF 7 a と光スイッチ、光スイッチと M F D 拡大 SMF 7 b、M F D 拡大 SMF 7 b と G I F 3 a、G I F 3 a と伝送用 SMF 2 b の接続損失は合計でも 0.1 dB 以下であった。光スイッチは波長  $1550\ \text{nm}$  で駆動電圧 0、10 V で 0.5、25 dB のものを用いた。

【実施例 4】

【0068】

図 7 (a) の実施の形態の構成を有し、M F D を最大  $20\ \mu\text{m}$  に拡大したコア径  $45\ \mu\text{m}$  の G I F と M F D 拡大 SMF からなるファイバヒューズ現象遮断部分同士をアダプタに代えて光アイソレータにより接続して光ファイバ伝送路を形成し、波長  $1550\ \text{nm}$ 、光パワー  $1.5\ \text{W}$  の D F B (D i s t r i b u t e d F e e d B a c k) レーザから光信号を送ったところファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用 SMF の M F D は  $10\ \mu\text{m}$  であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼は光アイソレータの手前で遮断された。本実施例では伝送用 SMF に H N A (H i g h N u m e r i c a l A p p e r t u r e) SMF を用いた。

【0069】

なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での伝送用 SMF 2 a と G I F 3 a、G I F 3 a と M F D 拡大 SMF 7 a、M F D 拡大 SMF 7 a と光アイソレータ、光アイソレータと M F D 拡大 SMF 7 b、M F D 拡大 SMF 7 b と G I F 3 a、G I F 3 a と伝送用 SMF 2 b の接続損失は合計でも 0.1 dB 以下であった。光アイソレータは挿入損失 1 dB、アイソレーションが 42 dB のものを用いた。

【実施例 5】

【0070】

図 8 の実施の形態の構成を有し、M F D を最大  $34\ \mu\text{m}$  に拡大したコア径  $86\ \mu\text{m}$  の G I F と M F D が  $10\ \mu\text{m}$  の SMF からなるファイバヒューズ現象遮断部分同士を光アイソレータにより接続して光ファイバ伝送路を形成し、波長  $1550\ \text{nm}$ 、光パワー  $2\ \text{W}$  のラマンアンプから光信号を送ったところファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用 SMF の M F D は  $10\ \mu\text{m}$  であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼は光アイソレータの手前で遮断された。本実施例では M F D の小さい SMF として通常の伝送用 SMF を用いた。

【0071】

なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での伝送用 SMF 2 a と G I F 3 a、G I F 3 a と SMF 12 a、SMF 12 a と光アイソレータ、光アイソレータと SMF 12 b、SMF 12 b と G I F 3 a、G I F 3 a と伝送用 SMF 2 b の接続損失は合計でも 0.1 dB 以下であった。光アイソレータは挿入損失 1 dB、アイソレーションが 42 dB のものを用いた。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0072】

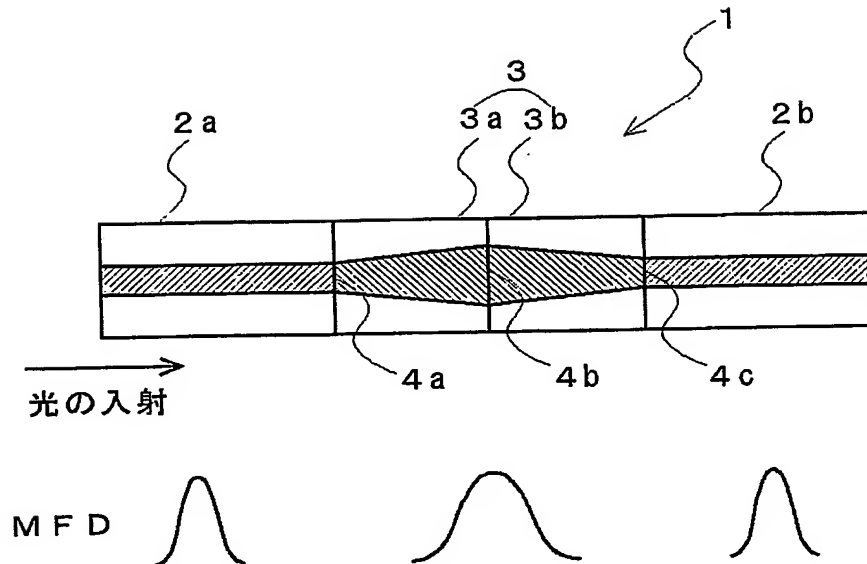
- 【図1】 本発明の一実施の形態を説明する断面図である。
- 【図2】 ファイバビュース現象を遮断する状況を説明する図である。
- 【図3】 本発明の他の実施の形態を説明する断面図である。
- 【図4】 モードフィールド分布を説明する図である。
- 【図5】 本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。
- 【図6】 本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。
- 【図7】 本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。
- 【図8】 本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

## 【符号の説明】

## 【0073】

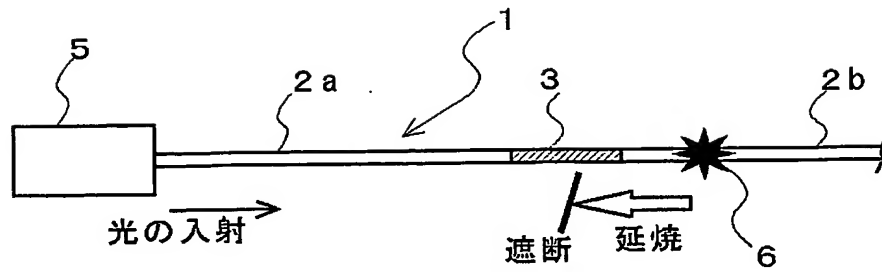
- 1 光ファイバ伝送路
- 2 伝送用SMF
- 3 G I F
- 4 接続部
- 5 光源
- 6 ファイバビュース現象
- 7 MFD拡大SMF
- 8 コネクタ
- 9 フェルール
- 10 アダプタ
- 11 通常のMFDを有するSMF
- 12 MFDの小さいSMF

【書類名】 図面  
【図 1】



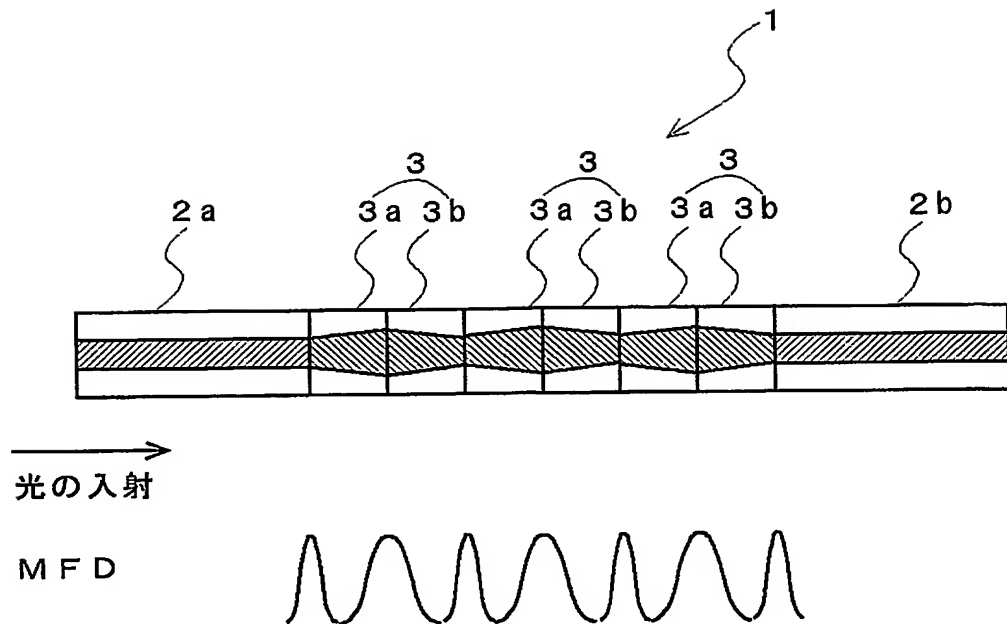
- |     |                               |
|-----|-------------------------------|
| 1   | 光ファイバ伝送路                      |
| 2 a | 伝送用 S M F                     |
| 2 b | 伝送用 S M F                     |
| 3   | G I F                         |
| 3 a | 光の入射側 G I F                   |
| 3 b | 光の出射側 G I F                   |
| 4 a | 伝送用 S M F と光の入射側 G I F の接続部   |
| 4 b | 光の入射側 G I F と光の出射側 G I F の接続部 |
| 4 c | 光の出射側 G I F と伝送用 S M F の接続部   |

【図 2】



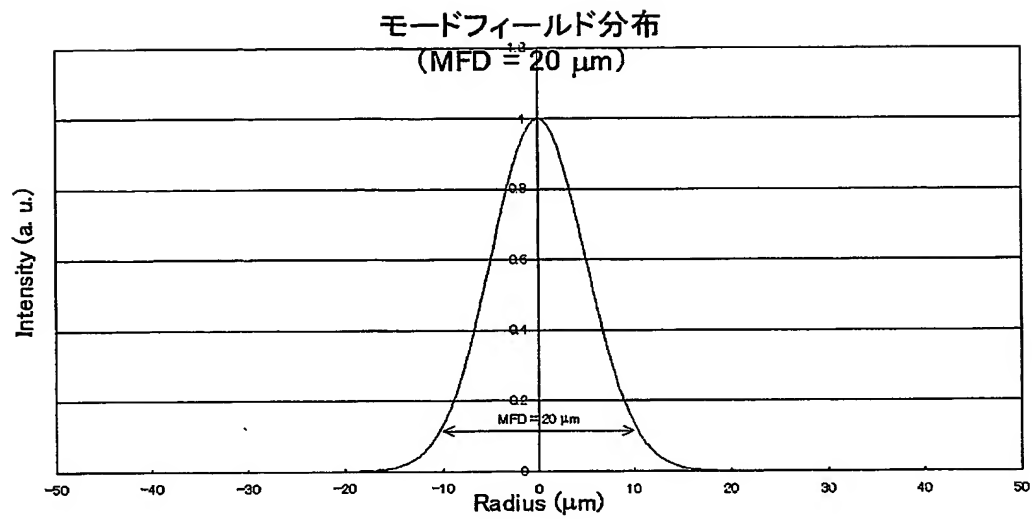
- |         |            |
|---------|------------|
| 1       | 光ファイバ伝送路   |
| 2 a、2 b | 伝送用SMF     |
| 3       | GIF        |
| 5       | 光源         |
| 6       | ファイバヒューズ現象 |

【図 3】



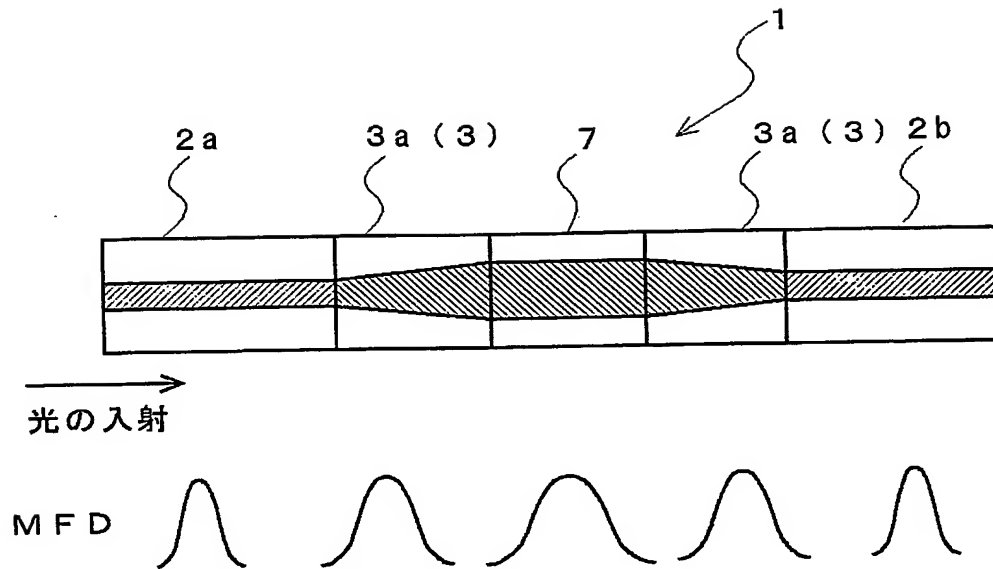
- |    |           |
|----|-----------|
| 1  | 光ファイバ伝送路  |
| 2a | 伝送用SMF    |
| 2b | 伝送用SMF    |
| 3  | GI F      |
| 3a | 光の入射側GI F |
| 3b | 光の出射側GI F |

【図 4】



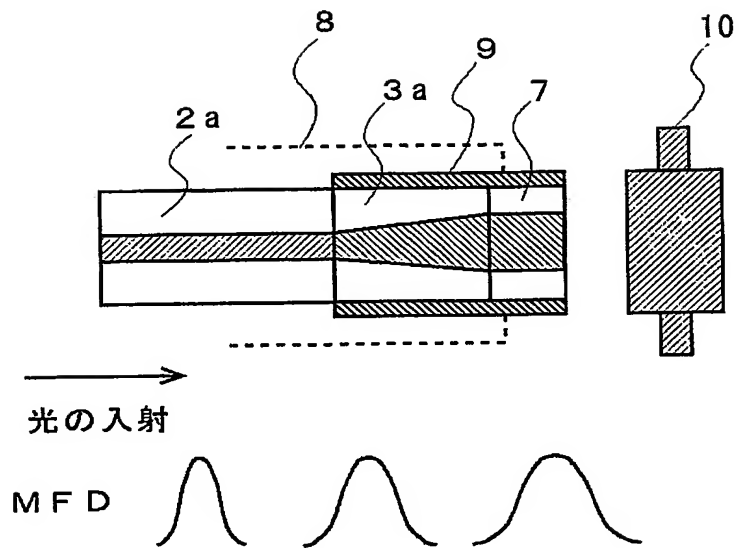


【図 5】



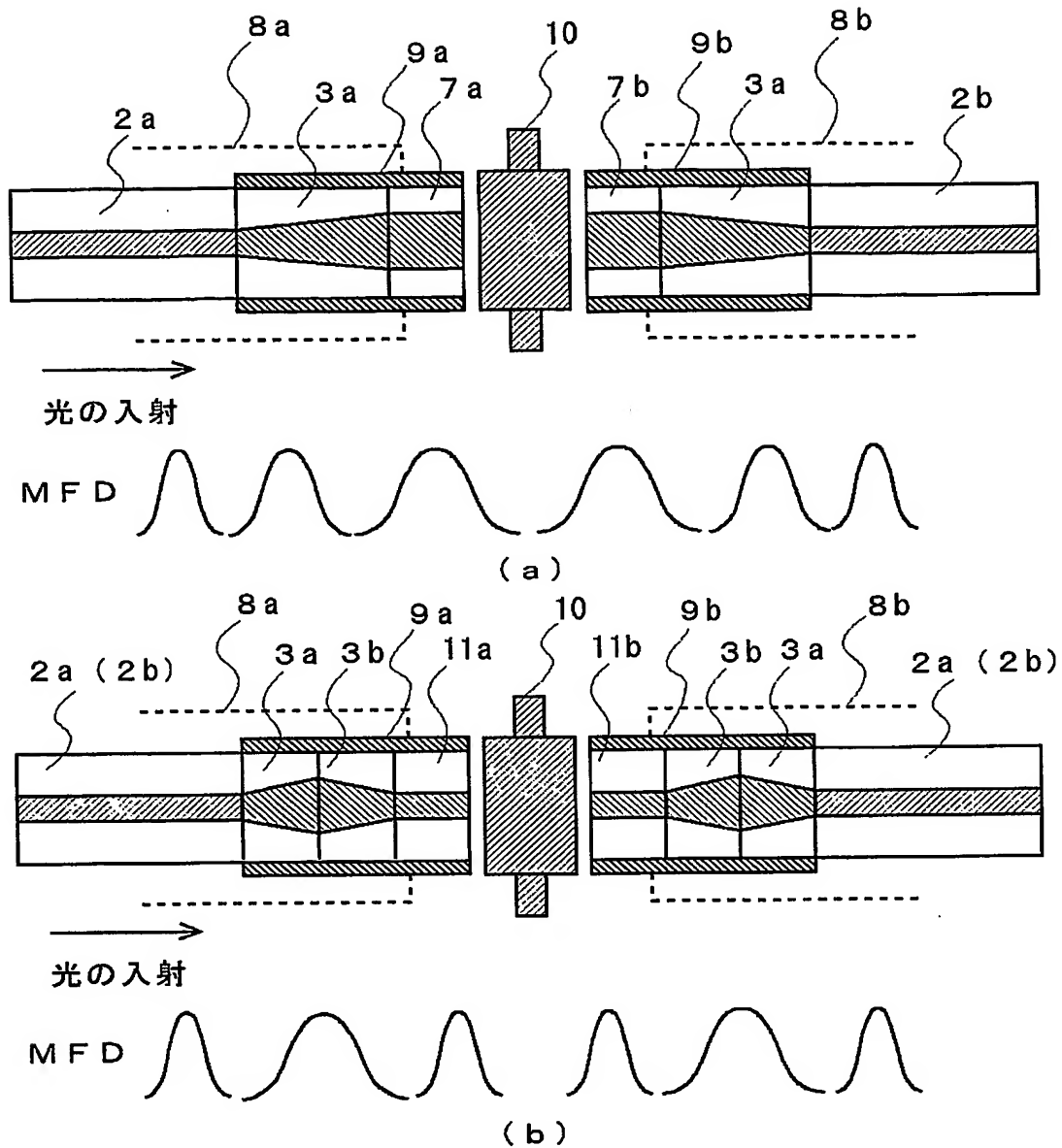
- |    |                 |
|----|-----------------|
| 1  | 光ファイバ伝送路        |
| 2a | 伝送用SMF          |
| 2b | 伝送用SMF          |
| 3  | GIF             |
| 3a | 光の入射側GIF        |
| 3b | 光の出射側GIF        |
| 7  | 拡大されたMFDを有するSMF |

【図 6】



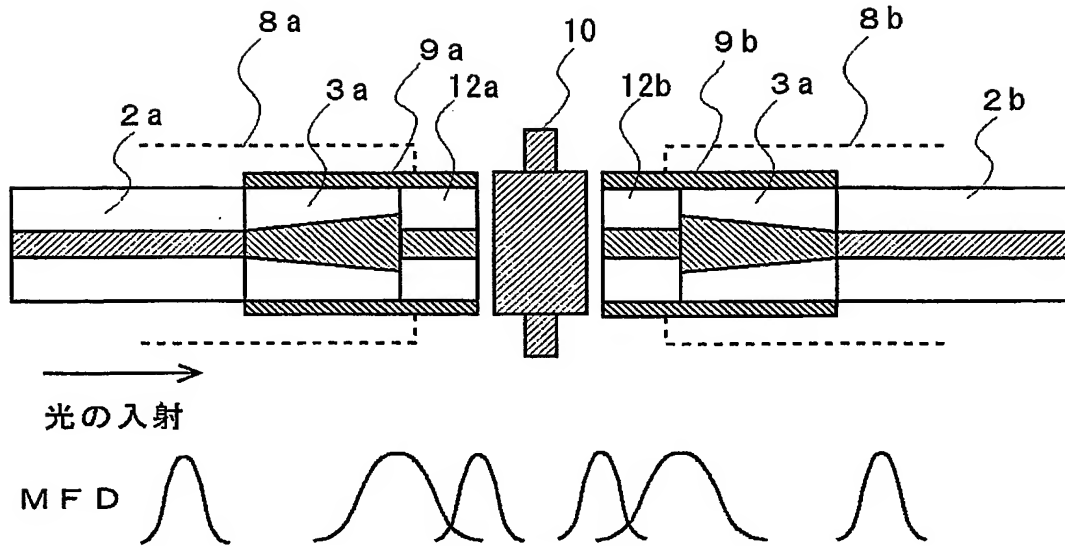
- |    |                 |
|----|-----------------|
| 2a | 伝送用SMF          |
| 3a | GIF             |
| 7  | 拡大されたMFDを有するSMF |
| 8  | コネクタ            |
| 9  | フェルール           |
| 10 | アダプタ            |

【図7】



- |         |                 |
|---------|-----------------|
| 2a、2b   | 伝送用SMF          |
| 3a、3b   | GIF             |
| 7a、7b   | 拡大されたMFDを有するSMF |
| 8a、8b   | コネクタ            |
| 9a、9b   | フェルール           |
| 10      | アダプタ            |
| 11a、11b | 通常のMFDを有するSMF   |

【図8】



2a、2b	伝送用SMF
3a、3b	GIFF
8a、8b	コネクタ
9a、9b	フェルール
10	アダプタ
12a、12b	小さいMFDを有するSMF

**【書類名】 要約書****【要約】**

**【解決手段】** 本発明の光ファイバ伝送路 1 は、伝送用のシングルモードファイバ (SMF) 2 a、2 b の間にグレーデッドインデックスファイバ (GIF) 3 が挿入されている。GIF 3 はモードフィールド径 (MFD) が光の入射側から徐々に拡大されるようになっており、長さが 4 分の 1 ピッチのところでは MFD が最も大きくなるようになっている。この光の入射側に配置する GIF 3 a と反対に MFD が徐々に減少してゆく光の出射側の GIF 3 b との長さをそれぞれ 4 分の 1 ピッチとして、これらを接続して GIF 3 の長さは 2 分の 1 ピッチとしている。

**【効果】** 本発明によれば、光ファイバ伝送路の途中に MFD の大きい部分が挿入されるので、たとえファイバヒューズ現象が発生して延焼が始まったとしてもこの MFD の大きい部分でファイバヒューズ現象を遮断することができる。

**【選択図】** 図 1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-305686
受付番号	50301430447
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 9月 1日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

【提出日】	平成15年 8月29日
-------	-------------

特願 2 0 0 3 - 3 0 5 6 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 2 5 5 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市川崎区小田栄 2 丁目 1 番 1 号
氏 名	昭和電線電纜株式会社